

**Zeitschrift:** Badener Neujahrsblätter

**Herausgeber:** Literarische Gesellschaft Baden; Vereinigung für Heimatkunde des Bezirks Baden

**Band:** 74 (1999)

**Artikel:** Ein doppeltes Gasturbinen-Jubiläum und seine Bedeutung für die Region

**Autor:** Zaugg, Paul / Lang, Norbert

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-324630>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **Ein doppeltes Gasturbinen-Jubiläum und seine Bedeutung für die Region**

Paul Zaugg und Norbert Lang

1999 sind es 60 Jahre her, seit BBC an der Landesausstellung in Zürich die erste Gasturbine der Welt für Stromerzeugung vorgestellt hat. Und vor 50 Jahren, 1948/49, ging in der Beznau, Gemeinde Döttingen, das damals leistungsstärkste Gasturbinenkraftwerk in Betrieb. Des zweiten Jubiläums hat kaum jemand gedacht, denn diese Anlage ist veraltet und heute ausser Betrieb. Sie soll nächstens abgebrochen werden. Dieses Kraftwerk stellte jedoch einen Meilenstein in der Entwicklungsgeschichte der BBC-Gasturbinen dar. Wegen seiner Grösse und des für die damalige Zeit hohen Wirkungsgrades war es lange der Stolz der Badener Gasturbinenbauer und ein attraktives Vorzeigeobjekt. Da das Gasturbinengeschäft für ABB Schweiz noch immer ein wichtiges Standbein darstellt und unsere Region davon profitiert, bietet dieses Doppeljubiläum den Anlass, einige Stationen einer Badener Erfolgsgeschichte nachzuzeichnen.

## **Anfänge des BBC-Gasturbinenbaus**

Der nachstehende Abschnitt soll zeigen, dass eine Entwicklung manchmal unvorhergesehene Wege einschlägt. Die Franzosen Armengaud und Lemale versuchten sich schon 1906 mit dem Bau einer Gasturbine. Für die Verdichtung der Verbrennungsluft bestellten sie bei BBC in Baden einen vielstufigen Radialverdichter, der anfänglich durch eine Dampfturbine angetrieben wurde. Als die Gasturbine auf dem Prüfstand lief, stellte man fest, dass sie gerade soviel Leistung abgab, wie zum Antrieb des Verdichters nötig war. Eine Nutzleistung vermochte sie somit nicht zu liefern. Ebenfalls noch vor dem Ersten Weltkrieg hatte der Deutsche Holzwarth eine analog zum Viertaktmotor arbeitende Verpuffungsturbine mit intermittierender Zündung konzipiert. Damit konnte er dem Problem ausweichen, welches die hohen Verbrennungstemperaturen bei den damaligen Werkstoffen verursachte. In Zusammenarbeit mit Holzwarth baute BBC in Baden 1929 eine für Versuche dienende 2000-kW-Gasturbine. Sie wies zwei durch Gebläse aufgeladene, ventilgesteuerte Verpuffungskammern auf, die im Gegentakt zündeten. Die Eintritts-

temperatur der Turbine lag mit 700°C für die damalige Zeit ausserordentlich hoch. Als Nutzturbine wurden zwei Aktionsräder mit wassergekühlten Schaufeln verwendet. Die Versuche mit dieser Maschine führten jedoch zu keinem Dauererfolg. Hingegen entstand daraus eine andere Idee: Die guten Wärmeübergänge bei den wassergekühlten Gaskanälen legten den Gedanken nahe, einen auf ähnlichen Prinzipien basierenden, aufgeladenen Dampfkessel zu bauen. Dies führte BBC 1932 zum sogenannten Velox-Dampferzeuger. Dieser benötigte gegenüber normalen Dampfkesseln wesentlich kleinere Heizflächen und liess sich deshalb kompakt bauen. Ferner liess er sich sehr rasch aufheizen – daher sein Name. Statt der Gleichraum-Verpuffung wie bei der Holzwarth-Turbine kam beim Velox-Kessel die Gleichdruck-Verbrennung zur Anwendung. BBC konnte in der Folge eine grosse Zahl solcher Velox-Kessel in viele Länder liefern. Bis vor wenigen Jahren waren im ABB-Kesselhaus in Baden und im Kantonsspital Aarau noch Velox-Dampferzeuger installiert.

Doch musste zuerst ein Turboverdichter entwickelt werden, der bei gutem Wirkungsgrad hohe Verdichtungsdrücke erreichen und grosse Luftvolumina durchsetzen konnte. Mit dem vielstufigen Axialverdichter gelang BBC schliesslich eine weiterer Erfolg. Der Druckaufbau im Veloxkessel erfolgte nach dem Turboladerprinzip durch einen turbinengetriebenen Axialverdichter. Die Verbrennung des flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs im Kesselraum erfolgte unter konstantem Überdruck. Die Verbrennungswärme diente primär der Dampferzeugung. Anschliessend trieben die heissen Abgase die Verdichterturbine an. Stetig verbesserte Wirkungsgrade an Verdichter und Turbine erlaubten es, ausser der Verdichterleistung mit der Turbine zusätzlich noch elektrische Leistung zu produzieren. Aus dem Kessel wurde schliesslich eine Brennkammer, das heisst ein Treibgas-erzeuger für die Gasturbine. Damit war die Gleichdruck-Gasturbine geschaffen, welche sich ebensogut zum Antrieb von Generatoren für die Stromerzeugung eignet, wie für Düsentriebwerke in Flugzeugen.

### **Die Ur-Gasturbine in Neuenburg**

Wie bereits erwähnt, hat BBC an der Landesausstellung in Zürich 1939 die erste Gasturbine der Welt für Stromerzeugung vorgeführt. Im März 1940 kam diese Maschine als Notstromanlage in die Stadt Neuenburg. Die auch heute noch betriebsfähige Anlage wurde 1988 durch die American Society of Mechanical Engineers als «Historic Engineering Landmark» ausgezeichnet. Die Maschine ist sehr einfach aufgebaut und arbeitet im offenen Kreislauf ohne Wärme-Rückgewinnung. Sie besteht lediglich aus dem Luftverdichter, der Brennkammer, der Turbine und dem Generator (siehe Schema). Mit 550°C ist die Gastemperatur am

Turbineneintritt aus heutiger Sicht recht bescheiden. Die Maschine leistet 4 MW, und der Wirkungsgrad beträgt lediglich 17,5 Prozent. Die zehn Jahre später erstellte Anlage Beznau erreichte mit einem wesentlich aufwendigeren Aufbau und einer Gas-Eintrittstemperatur von 600°C die zehnfache Leistung bei einem viermal grösseren Luftdurchsatz sowie einen Wirkungsgrad von 30 Prozent.

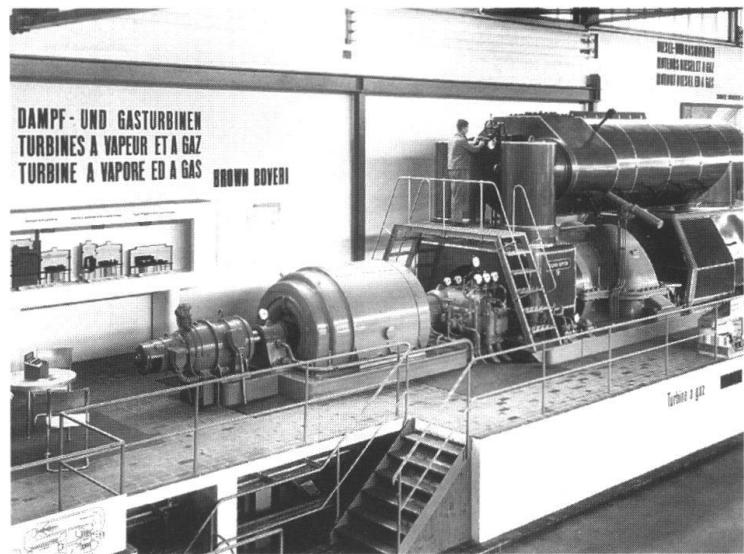
Anlässlich ihres 50-Jahre-Jubiläums präsentierte BBC im Jahre 1941 in Baden die welerste Gasturbinen-Lokomotive. Als Exot befuhr sie während einigen Jahren das Schienennetz der SBB im schweizerischen Mittelland. In der Nachkriegszeit war die Lokomotive zeitweise auch im Ausland im Einsatz. 1961 wurde die Gasturbine ausgebaut und die Lokomotive zu Studienzwecken in eine elektrische Dreisystem-Maschine umgebaut. Die Erfahrungen mit der sehr kompakt gebauten, 1600 kW leistenden Lokomotiv-Gasturbine wurden bei mobilen, schienengebundenen Gasturbinen-Kraftwerken verwertet. Fahrbare Zentralen mit Klemmenleistungen von 6200 kW wurden ab 1954 in mehreren Exemplaren nach Mexico und nach China geliefert. Veränderungen des Energiebedarfs und der Brennstoffpreise stellten die Ingenieure oftmals vor die Entscheidung, entweder möglichst einfache und entsprechend preisgünstige Maschinen zu konstruieren oder mit aufwendigen und teuren Anlagen ein Maximum an Wirkungsgrad und Leistung herauszuholen. Die Marktsituation hat sich im Laufe der Zeit mehrfach gewandelt und damit die Entwicklungsrichtung im Gasturbinenbau beeinflusst.

### **Die zweifache Bedeutung des Namens Carnot**

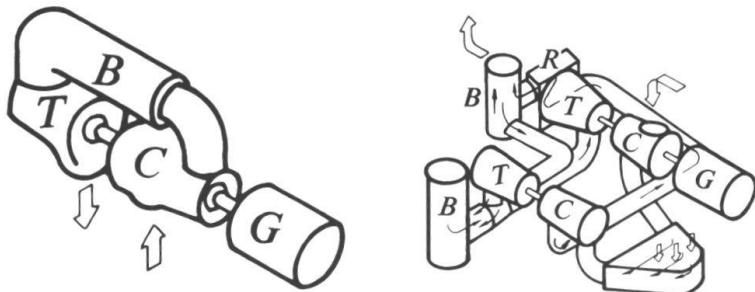
Bekanntlich brach 1798, also vor 200 Jahren, die alte Schweiz unter dem Ansturm der französischen Revolutionsarmee zusammen. Mit der Befreiung der Untertanengebiete und der Gründung neuer, selbständiger Kantone leitete die Helvetik einen Neuanfang sowie eine politische und wirtschaftliche Entwicklung unseres Landes ein. Der Mann, der Napoleons Revolutionsarmee aufgebaut hat, war der französische Mathematiker Lazare Carnot (1753–1823). Als Kriegsminister und Mitglied des Direktoriums (Revolutionärer Regierung in Paris) war er für die Reorganisation des Heeres verantwortlich, bevor Napoleon auf den Plan trat.

Sein Sohn, Sadi Carnot (1796–1832), Absolvent der Ecole Polytechnique in Paris, hat das ideale Vorbild aller Wärmekraftmaschinen entwickelt. Er ging von der Dampfmaschine aus, die in England damals bereits weit verbreitet war und die wirtschaftliche Überlegenheit Englands gegenüber Frankreich begründete. In seiner 1824 erschienenen grundlegenden Publikation «Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers und die zur Entwicklung dieser Kraft geeigneten Maschinen» stellte Carnot fest, dass die Dampfmaschine zwar schon recht brauchbar sei, aber ihre Theorie noch zu wenig erforscht. Man wisse beispielsweise nicht, wie

Die erste BBC-Gasturbine an der Landesausstellung 1939 in Zürich. Von links nach rechts: Anwurfmotor, Generator, Schmierölpumpe, Verdichter und Turbine mit der darüberliegenden Brennkammer (alle Bilder ABB-Bildarchiv).



Schematischer Aufbau der Gasturbine Neuenburg. C: Verdichter; B: Brennkammer; T: Turbine; G: Generator. Die Pfeile markieren den Lufteintritt bzw. den Abgasaustritt.

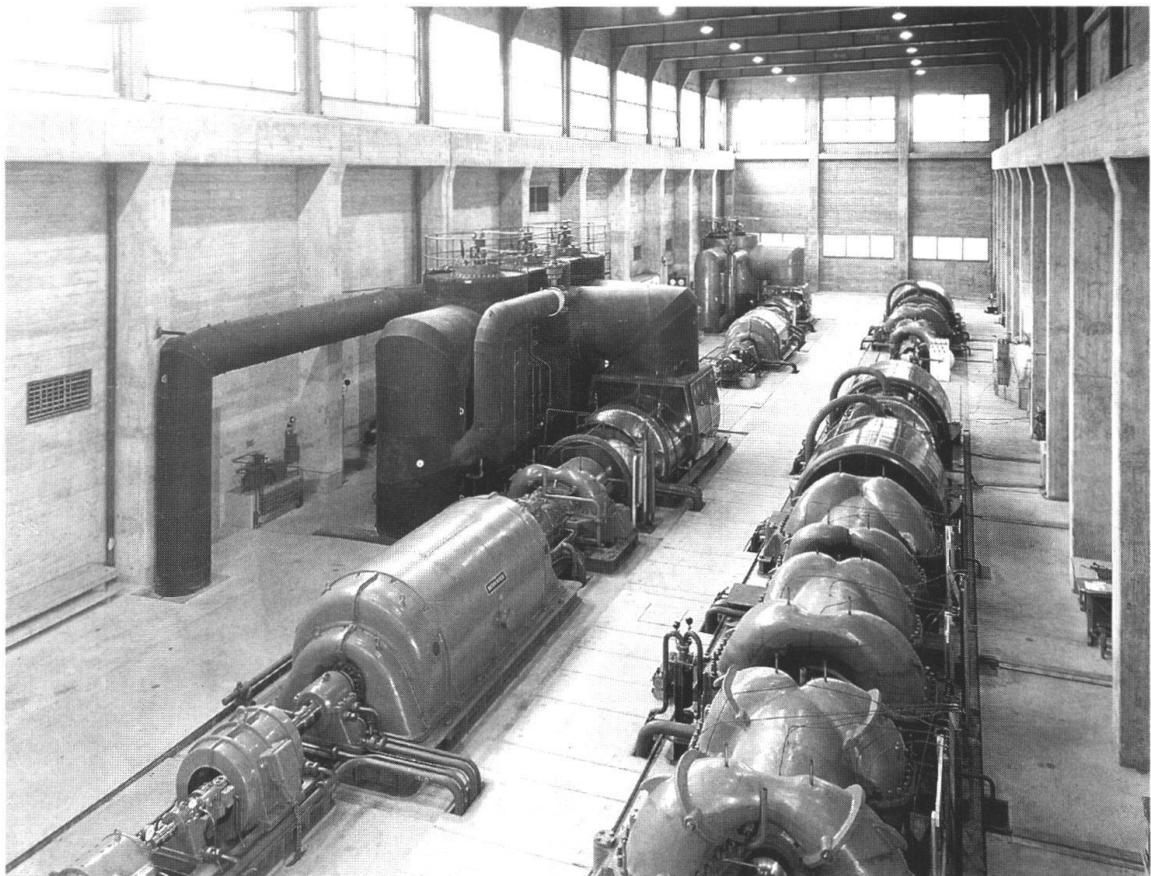


Schematischer Aufbau einer zweistufigen Gasturbine (ähnlich Beznau). Vorne der Hochdruck-, hinten der Niederdruckteil. C: Verdichter; B: Brennkammer; R: Luftvorwärmer; T: Turbine; G: Generator (im Unterschied zu Beznau hier auf der Niederdruckseite). Das dreieckige Gehäuse rechts unten ist der Zwischenkühler.

weit die bewegende Kraft (die Energie) des Feuers überhaupt ausnutzbar sei. Für die Verbesserung der Wärmekraftmaschinen sei die Beantwortung dieser Frage aber wichtig. Carnot gab die Antwort selbst. Er beschrieb einen speziellen Kreisprozess (Arbeitszyklus), den das treibende Arbeitsmedium (Dampf oder Gas) in der Maschine zu durchlaufen habe, damit der grösstmögliche Anteil der Wärme in mechanische Arbeit umgewandelt wird. Dabei kam er zur Einsicht, dass es unmöglich sei, Wärme vollständig in mechanische Arbeit zu verwandeln. Ein Teil davon müsse immer als Wärme an die Umgebung abgeführt werden. (Modernes Beispiel: Kühler beim Auto!) Der umsetzbare Anteil sei jedoch um so grösser, je höher die Temperatur, bei der die Wärme dem Arbeitsmedium zugeführt werde, und je tiefer die Temperatur der abzuführenden Wärme sei. Dabei gelang ihm der Beweis, dass es keinen andern Kreisprozess gibt, der bei gleichen Bedingungen mehr Arbeit zu leisten vermag als der von ihm so definierte Idealprozess. In seiner Schrift hat Sadi Carnot auch Gas-Dampf-Kombianlagen bereits vorausgeahnt. Auf Seite 63 heisst es: «Man kann sich sogar die Möglichkeit denken, dieselbe Wärme folgeweise auf Luft und auf Wasserdampf wirken zu lassen. Es würde genügen, der Luft nach ihrem Gebrauch noch eine hohe Temperatur zu lassen, und sie, statt in die Atmosphäre auszustossen, in einen Dampfkessel zu führen, wie wenn sie unmittelbar aus der Feuerung käme.» Den nach ihm benannten Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen konnte Carnot noch nicht in heutiger Weise formulieren, da einige physikalische Grundbegriffe zuerst entwickelt werden mussten. Sein Werk, das die eigentliche Thermodynamik begründete, zählt jedoch zu den grossen Leistungen in der Geschichte der Physik.

### **Die Gasturbinenanlage Beznau**

Während des Zweiten Weltkriegs nahm der Strombedarf in der Schweiz stark zu. Vor allem im Winter fehlten damals Speicherkraftwerke zur Deckung dieses Bedarfs. Da der Bau solcher Grossanlagen rund sieben Jahre in Anspruch genommen hätte, beauftragten die Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) die damalige BBC zusammen mit der ETH Zürich, abzuklären, ob sich thermische Kraftwerke zur raschen Bereitstellung der benötigten Winterenergie eignen würden. Man entschied sich für ein Gasturbinenkraftwerk mit gutem Wirkungsgrad. Die dafür erforderliche Bauzeit war kurz und der Aufwand für Betrieb und Unterhalt geringer als bei einem Dampfkraftwerk. Die NOK liessen durch BBC in der Beznau, unweit des seit 1902 bestehenden Wasserkraftwerks, eine Gasturbinenzentrale mit 40 Megawatt Generatorleistung erstellen. Für die BBC-Ingenieure waren die Erkenntnisse von Carnot wegleitend. Um den Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen zu optimieren, muss der Prozessablauf «carnotisiert», also dem Ideal-



Die Gasturbinenanlage  
Beznau kurz nach der Inbe-  
triebnahme 1949. Im Vorder-  
grund die 27-MW-Gruppe,  
links der Hochdruckteil  
mit den Brennkammern und  
rechts der Niederdruckteil.  
Hinten die gleich aufgebaute  
13-MW-Gruppe.

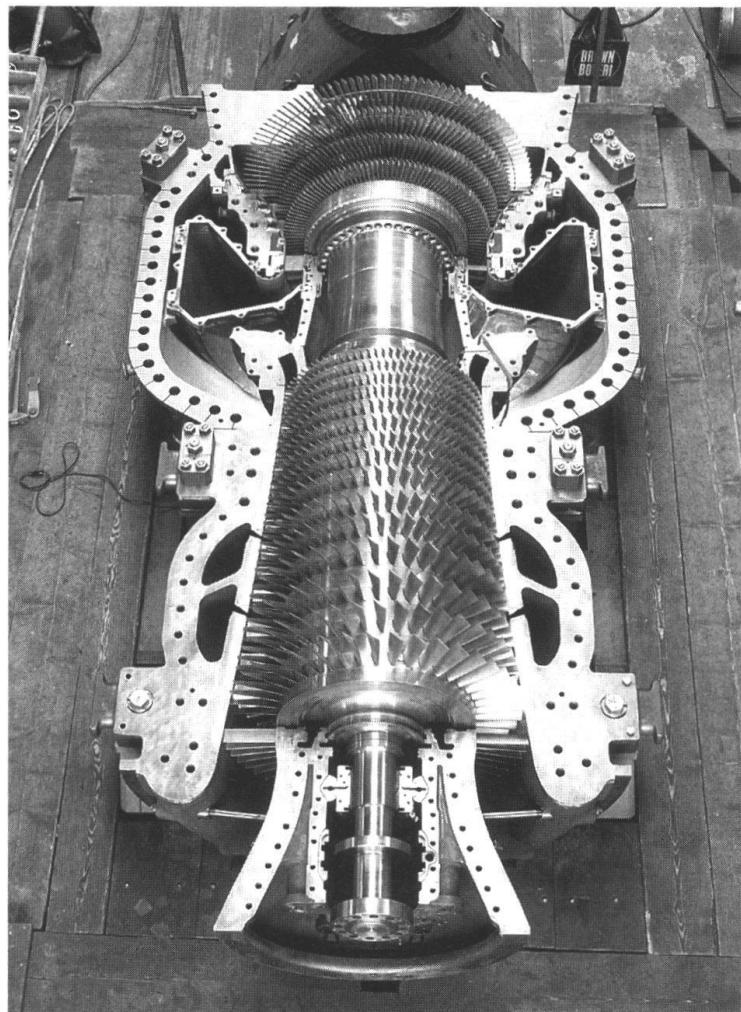
prozess angenähert werden. Die für die verfügbaren Werkstoffe zulässige obere Temperaturgrenze ist dabei möglichst auszunutzen. Zwischenkühlung bei der Verdichtung, Zwischenerhitzung bei der Expansion sowie Wärme-Rekuperation vom Abgas zur Brennluft sind weitere Möglichkeiten dazu. Der angestrebte Wirkungsgrad von 30 Prozent bedeutete einen sehr hohen Wert und bedingte deshalb einen recht komplizierten Aufbau (siehe Schema). Die Anlage Beznau bestand aus zwei Maschineneinheiten, eine mit 13, die andere mit 27 Megawatt Leistung. Jede Einheit bestand aus zwei Wellensträngen, einem Niederdruck- und einem Hochdruckteil. Die Generatoren waren auf der Hochdruckwelle angeordnet. Die kleinere Einheit kam im Januar 1948 in Betrieb, die grössere ein Jahr später. Der hohe Wirkungsgrad dieser Anlage wurde erst ein Vierteljahrhundert später wieder erreicht, allerdings mit wesentlich einfacher aufgebauten Maschinen.

Am Gasturbinen-Maschinenhaus Beznau sind 16 Abgaskamine zu sehen. Diese röhren daher, dass das grosse Volumen der Luftvorwärmer auf mehrere kleinere Einheiten aufgeteilt worden ist. In der Nähe befindet sich das Tanklager für den flüssigen Brennstoff. Ursprünglich wurde preisgünstiges Schweröl verfeuert. Wegen der Umweltbelastung durch den schwefelhaltigen Brennstoff stellte man später auf extraleichtes Heizöl um. Die jährliche Betriebsdauer schwankte zwischen 1000 und 2500 Stunden. Seit die Kernkraftwerke Beznau I und II in Betrieb sind, dienten die Gasturbinen nur noch zur Spitzendeckung und als Reserve. Ihr Betriebseinsatz hing auch von der Wasserführung der hydraulischen Kraftwerke ab. Weil mit der inzwischen veralteten Anlage die heutige Luftreinhalteverordnung nicht mehr erfüllt werden kann, sahen sich die NOK veranlasst, auf den weiteren Betrieb des Gasturbinenkraftwerks Beznau zu verzichten. Gesamthaft waren die beiden Einheiten je rund 33 000 Stunden in Betrieb und lieferten zusammen 1,1 Milliarden Kilowattstunden elektrische Energie. Dies entspricht etwa einem Jahresbedarf der Gemeinden Neuenhof, Wettingen, Baden, Ennetbaden und Obersiggenthal zusammen.

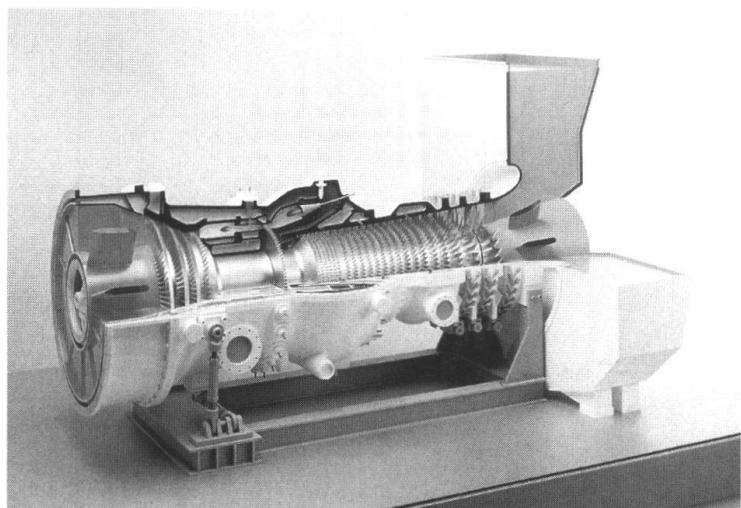
### **Der Badener Gasturbinenbau von Beznau bis heute**

Die aufwendige Bauart der Anlage Beznau war anderen Kunden zu teuer. Bei tiefen Brennstoffpreisen waren einfachere Maschinen gefragt, selbst wenn ihr Wirkungsgrad geringer ausfiel. Zunächst wurde die Zweiwellen-Anordnung mit Niederdruck- und Hochdruckteil beibehalten. Die voluminösen Luftvorwärmer wurden weggelassen, wodurch sich eine Leistung von 25 MW ergab und der Wirkungsgrad sich bei 25 Prozent einstellte. Von diesem Typ wurden 28 Einheiten verkauft. Dank Erhöhung der Eintrittstemperatur auf 700 bis 750°C und einem gesteigerten Verdichtungsverhältnis konnte ab 1960 auch bei einwelliger Aus-

Gasturbine während der Montage in Baden um 1980. Vorne ist der Verdichter sichtbar, hinten die Turbine, die gemeinsam auf einer Welle angeordnet sind. Die Brennkammer sitzt bei diesem Typ auf dem noch nicht montierten Gehäuse-Oberteil.



Modell der neusten Gasturbine Typ 24/26. Von rechts nach links: Lufteintritt, Verdichter, Hochdruck-Brennkammer, Hochdruck-Turbinenrad, Niederdruck-Brennkammer, Niederdruck-Turbine, Abgasaustritt.



führung ein Wirkungsgrad von 25 Prozent erzielt werden. Eine damals entwickelte 15-MW-Maschine wurde in rund 80 Exemplaren gebaut. Kunden aus Erdöl- oder Erdgasfördergebieten begnügten sich mit der einfachsten Turbinenbauart, obwohl deren Wirkungsgrad 20 Prozent kaum überstieg. Bei Generatorleistungen von 6 MW arbeiteten solche Maschinen sehr zuverlässig und waren oft das ganze Jahr hindurch ununterbrochen in Betrieb.

Einen weiteren Kundenkreis für Gasturbinen bildete in der Nachkriegszeit die westeuropäische Stahlindustrie. Die Erzeugung von Roheisen und Stahl hatte einen hohen Stellenwert für den Wiederaufbau der im Krieg zerstörten Industrie. Bei den klassischen Windblas-Reduktionsverfahren fallen bedeutende Mengen an sogenanntem Gichtgas an. Dieses Gas besitzt einen verhältnismässig hohen Heizwert. Früher wurde es in den Stahlwerken zum Betrieb von Gasmotoren verwendet, die ihrerseits die Luftkompressoren für die Erzeugung des Hochofenwindes antrieben. Ab 1950 wurden für diesen Prozess zunehmend Gasturbinen eingesetzt. Neben einem Generator zur Stromerzeugung trieben diese einen Turboverdichter für die Winderzeugung an. Zusätzlich musste auch das bei Atmosphärendruck anfallende Gichtgas mit einem Verdichter auf den Brennkammerdruck komprimiert werden. BBC konnte etwa 15 solcher Anlagen ausliefern. Ihre Leistung betrug etwa 13,5 MW am Generator und 4 bis 5 MW für den Windverdichter. Nach Einführung des vom Schweizer Robert Durrer entwickelten Sauerstoff-Blasverfahrens entfiel das Nebenprodukt Gichtgas, und die Gasturbine verschwand aus der Stahlindustrie.

Wie bereits erwähnt, wurde der Wirkungsgrad von Beznau erst ein Vierteljahrhundert später wieder erreicht. Dies war 1975 der Fall, als dank neuen temperaturbeständigeren Werkstoffen und innengekühlten Schaufeln bei Maschinen einfacher Bauart Turbinen-Eintrittstemperaturen von 900 bis 1000°C möglich wurden. Die grössten Maschinen erreichten damals Leistungen von 85 MW. Für die NOK ist es aus betrieblichen Gründen weiterhin notwendig, über eine Leistungsreserve zu verfügen. Als Ersatz für Beznau wurde 1994/95 durch ABB in Döttingen eine modernere Gasturbinenanlage installiert. Sie steht etwas weiter aareabwärts und benutzt das vorhandene Brennstofflager. Ihre Leistung beträgt 55 MW. Dank neuer warmfester Werkstoffe und weiterentwickelter Kühltechnik konnte die Turbinen-Eintrittstemperatur auf 1100°C gesteigert werden. Trotz der einfacheren Bauart, die prinzipiell der Anlage von Neuenburg entspricht, erreicht der Wirkungsgrad 32 Prozent. Der Fortschritt gegenüber der alten Anlage Beznau zeigt sich auch im Platzbedarf: Die Grundfläche des neuen Maschinenhauses beträgt bloss einen Viertel und die umbaute Kubatur sogar nur einen Fünftel von Beznau.

Für die Entwicklung der modernsten Gasturbinen war die Erfahrung mit zweistufiger (sequentieller) Verbrennung, wie sie in Beznau und mit späteren zweiwelligen Anlagen realisiert worden war, grundlegend. 1978 wurde die zweistufige Verbrennung erstmals bei einer Maschine mit nur einem einzigen Turbinenrotor verwirklicht. Bei den allerneusten ABB-Gasturbinen der Typen 24 und 26 ermöglichte die Vervollkommenung dieses Prinzips ein noch besseres Teillastverhalten, einen höheren Wirkungsgrad und eine grössere Leistung pro Maschineneinheit. 1995 hat ABB in Birr ein modernes Prüfzentrum eingerichtet, das zur Erprobung und Weiterentwicklung von Gasturbinen und -Komponenten dient. ABB baut heute stationäre, einwellige Anlagen mit sequentieller Verbrennung für Leistungen bis 240 MW. Mit nachgeschaltetem Abwärme-Dampferzeuger und kombiniert mit einer Dampfturbine ermöglichen sie Leistungen bis 365 MW und thermische Wirkungsgrade von 58,5 Prozent. Neu entwickelte, platzsparende Ringbrennkammern sowie spezielle «Low-NO<sub>x</sub>-Brenner» gestatten den Bau emissionsärmer und umweltfreundlicher Gasturbinen- und Kombikraftwerke.

### **Die Bedeutung des ABB-Gasturbinenbaus für unsere Region**

Nachdem ABB den Bau von Dampfturbinen nach Mannheim verlegt hat, spielt der Gasturbinenbau für die ABB Kraftwerke AG in der Schweiz eine vorherrschende Rolle. Die Tätigkeit von rund 2000 Mitarbeitern ist von diesem Geschäft abhängig. Dazu kommen noch etwa gleichviele Beschäftigte bei Unterlieferanten in der näheren oder weiteren Region. Indirekt leben schätzungsweise 8000 Personen in der Region vom Gasturbinenbau. Zunehmende Bestellungseingänge für moderne Gasturbinen- und Kombikraftwerke deuten auf eine Fortsetzung der Badener Erfolgsgeschichte und damit auf eine weitere Prosperität in unserer Region hin.

### **Quellen und Literatur**

- Carnot, Sadi: *Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers und die zur Entwicklung dieser Kraft geigneten Maschinen*. Neuausgabe der deutschen Übersetzung. Braunschweig 1988.
- Endres, Wilhelm: *Die Gasturbinen Typen 9, 11 und 13. Entwicklung und Bewährung*. In: Brown Boveri Mitteilungen 64 (1977) 5–11.
- Endres, Wilhelm: *40 Jahre Brown Boveri Gasturbinen*. In: Brown Boveri Mitteilungen 66 (1979) 61–67.
- Frutschi, Hans Ulrich: *Die neuen Gasturbinen GT24 und GT26 – historischer Hintergrund des «Advanced Cycle System»*. In: ABB Technik 1/1994, 20–25.
- Pfenninger, Hans: *Wirtschaftliche Betrachtungen zur Erzeugung von Energiespitzen durch Gasturbinen und Betriebserfahrungen mit dem Spitzenkraftwerk Beznau der NOK*. In: Schweizerische Bauzeitung 73 (1955), Hefte 9 und 10.
- Pfenninger, Hans: *Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Brown Boveri Gasturbinen*. In: Motortechnische Zeitschrift 27 (1966), Heft 11.
- Wilson, Stuart S.: *Sadi Carnot. Technik und Theorie der Dampfmaschine*. In: Spektrum der Wissenschaft, Heft 10 (Oktober 1981), 98–109.
- ABB und NOK: *Diverse interne Schriften sowie persönliche Mitteilungen an die Autoren*.